

# Sand til Amager Strandpark fra Kriegers Flak

## En ressourcevurdering

Birger Larsen



# Sand til Amager Strandpark fra Kriegers Flak

## En ressourcevurdering

Undersøgelse for Sund og Bælt Partners

Birger Larsen

Fortrolig rapport

Kopi nr.

Kan ikke frigives

# Introduktion

I forbindelse med opbygningen af Amager Strandpark er der opgjort et behov for 1 – 1.5 mill m<sup>3</sup> fyldsand. Ved indvinding af fyldsand til Øresundsforbindelsen blev der på Kriegers Flak indvundet materialer undertiden med et for højt sten og grusindhold til, at materialet kunne godkendes af Skov og Naturstyrelsen som fyldsand, uden forudgående sortering. Med dette for øje har "Sund og Bælt Partner" i samarbejde med "I/S Amager Strand" i brev d. 5 aug. 2003 anmodet GEUS om at gennemgå undersøgelsesmaterialet fra Kriegers Flak med henblik på at opsøge og afgrænse forekomster, med et tilstrækkeligt lavt stenindhold til at materialet vil kunne godkendes som fyldsand, uden foregående sortering.

I DGU rapport nr. 73-1995: Indvindingsplan for Øresundskonsortiet, nov. 1995 blev der udlagt 5 arealer benævnt A, B, C, D og R ( Figur 1).

## Forudsætninger og krav

I en mail fra C. Dynesen, " Sund og Bælt Partner" dateret 30 Juni 2003 opstilles følgende ønsker og krav:

1. Det forudsættes, at der kan tilvejebringes de nødvendige mængder og kvaliteter indenfor delområde A, som dette er defineret i Kriegers Flak - Indvindingsplan, for Øresundskonsortiet, november 1995 ( Ref. 7) se Figur 1.
2. Med henblik på, at undgå sandindvinding i områder inden for delområde A, hvor der på grundlag af eksisterende geologiske (f.eks. identifikation af oddedannelser, mv.) herunder seismiske undersøgelser, prøvepumpninger, boringer og rapportering fra sandindvinding til Øresundskonsortiet, er risiko for et højt stenindhold, anmodes GEUS om at udpege områder der bør udelades, som egnede indvindingsområder.
3. Der forudsættes, at indvinding sker ved slæbesugning
4. Det forudsættes, som for indvinding til Øresund, at der altid skal efterlades et sandlag på å min. 2 meter og at der maksimalt må ske en dybdeforringelse på 4 meter.
5. Det forudsættes, at der skal anvendes sand, der har en middeldiameter på 0,6 mm og en geometrisk spredning på mellem 1,2 og 1,4. (senere specificeret se nedenfor).
6. Rapportering, skal omfatte de beskrevne kort/planer.

I en mail fra C. Dynesen 12 August blev Niras krav præciseret til :

Middel Kornstørrelse: 0.3 – 0.6 mm

Uensformighedstal: 1.5 – 2.0

Gennemfald på 0.074 mm sigte : 0 %

Gennemfald på 32 mm sigte: 100- 95 %

Indhold af organisk materiale: 2% ( ikke reduceret).

Efter drøftelse med Skov-og Naturstyrelsen er det besluttet at grus/ stenindhold på mindre end 10 % vil være acceptabelt for fyldsand til denne opgave.

## Afgrænsning af område A

Område A er beliggende på den vestlige del af Kriegers Flak. Arealet er ca 3.125 km<sup>2</sup>

I rapport (7) er område A afgrænset af koordinaterne

55° 02,781 N 12° 53,403 E

55° 02,743 N 12° 54,574 E

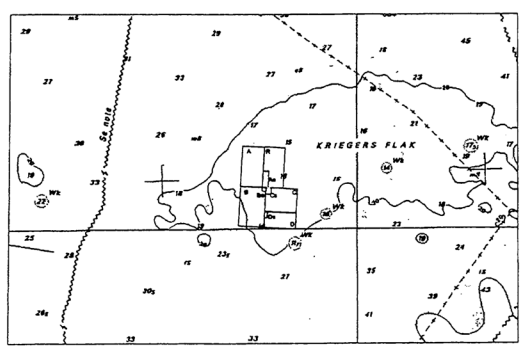
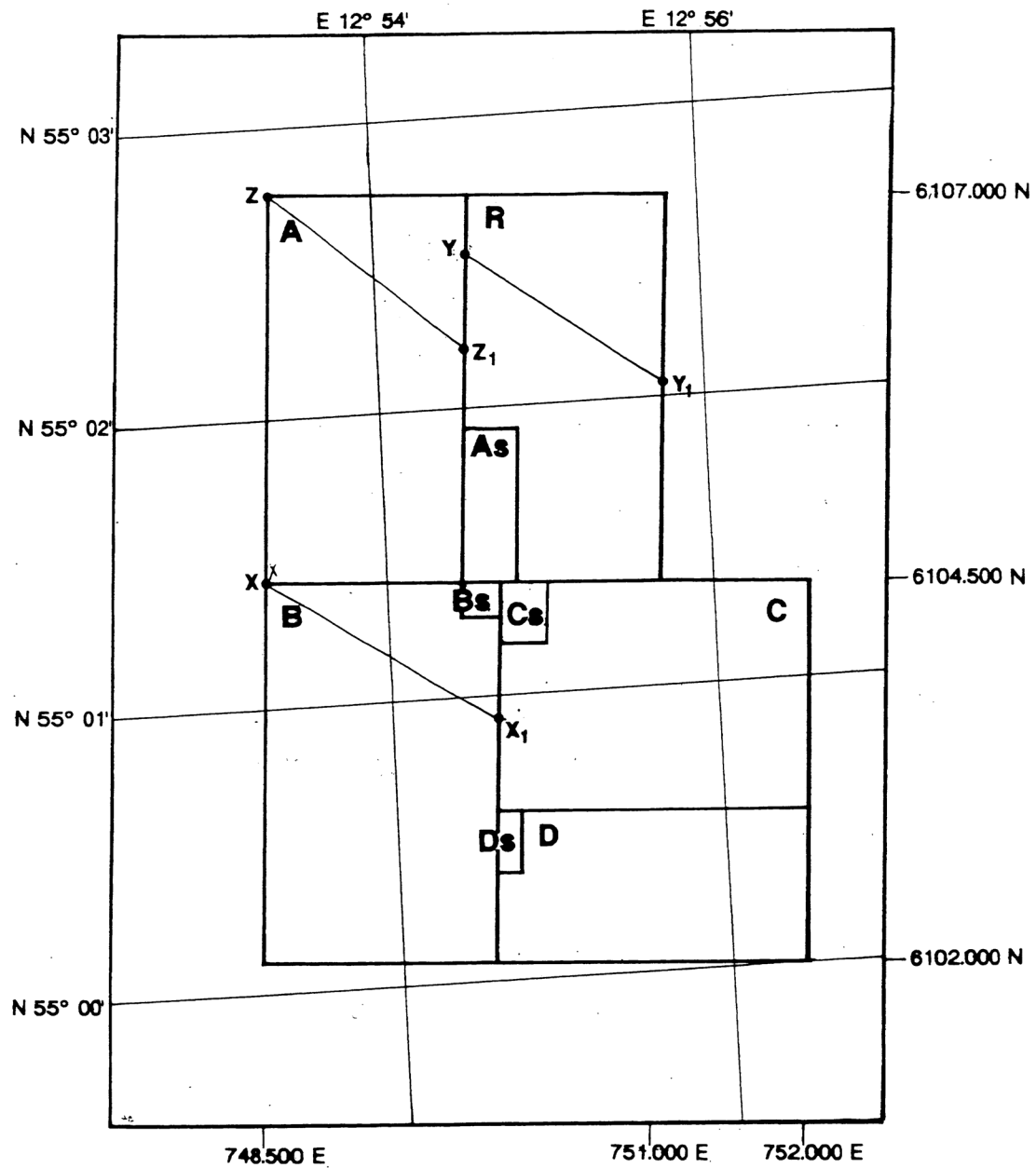
55° 01,398 N 12° 54,443 E

55° 01,436 N 12° 53,273 E

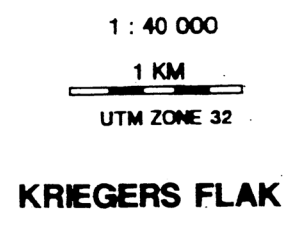
Området er vist på Figur 1 og dybdekortet Bilag A 2

Området er afgrænset af UTM linierne

N: 6 107 000, N: 6 104.500, E: 748.500, E 750.000



*Kriegers Flak med angivelse af indvindingsområderne.*



**Fig 1**

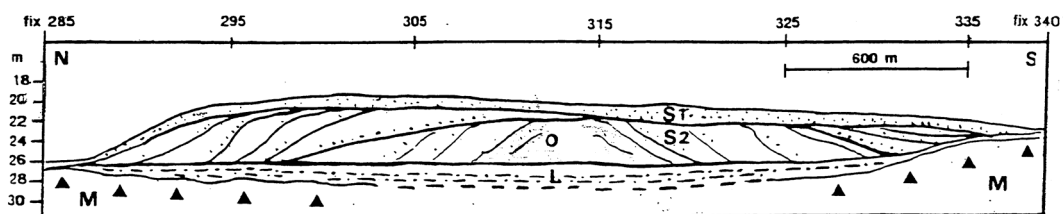
## De geologiske forhold

I dette afsnit fremdrages de geologiske forhold der skønnes at være af relevans for fordelingen af sandressourcen og specielt fordelingen af grus og sten. Afsnittet bygger helt overvejende på tolkning af seismiske profiler og de udførte borer og prøvesugninger rapporteret i rapporterne (1 til 9). Vi har ikke kendskab til eventuelle informationer indsamlet i forbindelse med indvindingen til A/S Øresundsforbindelsen.

Der ligger relativt højtliggende moræneområder øst og sydvest for indvindingsområderne A-R ( se Bilag A 3). Forekomsten udfylder en lavning i istidslandskabet på vanddybder mellem 17 og 25 m. Erosion i moræneområderne er den sandsynlige kilde til både sandet og de grovere bestanddele i indvindingsområdet. I forbindelse med et tidligt søstadium i Østersøen, den såkaldte Ancyclus-sø, stod vandspejlet op til omkring kote - 20m og moræneområderne stak op som øer som blev eroderet af bølgerne på søen. Der blev dannet en odde lignende struktur på læsiden af moræneknolden. Denne omkring 300 m brede odde kan med en vis reservation følges over område A fra øst mod vest på ca E.6105 000 ( Se Bilag A 1). I den østligste del af området A er forløbet dog uklart. Det ser ud til at sedimenttransporten i stor udstrækning har været tilknyttet denne odde struktur således at den er vokset i bredden ved pålejring både mod nord og syd. Der er dannet et akkumulationsflak som nu dækker næsten hele område A og har helt begravet odden- Ancyclus Flakket- se Bilag A1. Aflejringen sker i skrå, relativt stejle lag (forsets) på flanken af det voksende flak., Figur 2.

Senere trængte havet ind i Østersøen ( Littorina transgressionen). I begyndelsen var vandstanden så lav den kraftige erosion blev genoptaget og flakudbygningen fortsatte så der er dannet et ca 10 km bredt flak nordvest for Ancyclus flakket. Denne proces er sandsynligvis fortsat til i dag ved sedimentation på nordvest begrænsningen af Krigers Flak (Se dybdekortet Bilag A 2). Det inderste del af dette marine flak ligger som nordvesthjørnet af område A.

På havbunden øverst findes ofte et tyndt lag dæksand, der jævnlige flyttes omkring af bølger og strøm. Tykkelsen af dette velsorterede dæksand er sjældent tykkere end 50 cm i område A (kort A3 i rapport 4).



**Figur 2** Tværsnit over odden (O) og de hældende lag i Ancyclus flakket syd og nord for odden (S2). På nordsiden ses det marine flak (S1). Tynde hældende lag (forsets) med grus og småsten er vist inden i flakkerne. (L) er seneglacialt ler og (M) er moræne. Øverst et tyndt lag dæksand. Profil 552021 ca 1 km vest for område A. Fra rapport (1).

## Fordelingen af sten og grus.

Der er ikke konstateret sammenhængende grus og stenlag f.eks. stenrev på moræne eller strandvoldsdannelse i det foreliggende materiale.

Aflejringerne i område A er helt overvejende meget ensartet ret velsorteret fint til mellemkornet sand med et beskedent men varierende indhold af gruspartikler. I disse sandlag findes der ca 10 cm tykke lag med et højt indhold af grus og småsten. Lagene afspejler sandsynligvis lejlighedsvis erosions begivenheder. Sådanne tynde grusrige lag er fundet i alle borer i området og kan næppe helt undgås. På det foreliggende grundlag ser det ud til at gruslagene er mest almindelige på og i nærheden af odden hvor også lagdelingen (forsets) står stejlest. Stejle forsets ses dog i hele Ancylus flakket. Ved prøve sandsugningerne blev der i område A konstateret ret meget grus og sten ( sløb 157 og 164) syd for odden. Der er dog i en enkelt boring og i prøvesugningerne tegn på at også i et trekantet område mod sydøst er der relativt lidt grus i de øverste par meter. Området er afgrænset af en linie fra sydøsthjørnet af område A mod NØ til N: 6.105.600 E: 749.200 ( Vist på Bilag A 1).

Udfra den geologiske model, må det forventes, at de enkelte grusrige lag er af begrænset udstrækning og at de hælder ned mod en nordlig retning nord for odden og en sydlig syd for odden.

# Materialsammensætning

Hvilke kornstørrelser kan leveres fra Kriegers Flak specielt område A?

For at undersøge hvorvidt det er teknisk muligt ved slæbesugning at levere sand med en middeldkornstørrelse på 0.3 - 0.6 mm og  $U = 1.5 - 2.0$  er de forhåndenværende kornstørrelsesanalyser (129 stk. fra i alt 23 boringer- inklusive boringer fra området vest for område A-D.) sammenstillet - vedlagt som figur 3 fra rapport (8). Dette er suppleret med gennemsyn af de kornstørrelsesanalyser der foreligger fra prøvepumpningerne i rapporterne (4 og 5). Det må fremhæves at prøverne, der ligger til grund for alle disse analyser ikke er store nok til at være repræsentative for grus og sten. Som det fremgår af figuren ligger middelværdien for sandprøverne hovedsageligt i intervallet 0.15 til 0.35 mm og er rimeligt godt sorteret. En hel del af prøverne rummer hertil en varierende mængde grovere partikler op til ca 10 mm. Mængden af korn med diameter omkring 0.6 mm er beskedent.

Ved prøve- slæbesandpumpningerne blev det konstateret at det indvundne sand er tydeligt bedre sorteret ( lavere uensformigheds tal  $U = d_{60}/d_{10}$  ) end sand indsamlet ved boringer og stiksugninger. Dette skyldes sandsynligvis dels at det kun er de øverste ca. 1 m der indvindes ved slæbesugning og dels forskelle i produktionsfaciliteterne (for detaljer henvises til ref. 4 og 9). Der er derfor lagt vægt på resultaterne af prøveslæbesugninger. De prøve-sugninger der blev rapporteret i ref. (4) suppleret med en enkelt fra ref. (1) giver oplysninger om ca. halvdelen af område A og ca 1/3 af områderne B og C. Ud fra gennemsnitsanalyser af materialet mindre end 8 mm i de enkelte prøvelaster ( Bilag G 106 til G 130 i ref. 4) ses at  $d_{50}$  helt overvejende ligger i intervallet 0.28 til 0.32 mm ( Figur 4). De få prøver der ligger højere (slæb 158, 160, 161 og 164) er alle karakteriseret af et relativt højt sten og grusindhold, ifølge beskrivelsen af lasterne. Alle disse slæb er fra de områder hvor det ikke anbefales at indvinde til Amager Strandpark p.g.a. stenindholdet.

Som det tidligere er konstateret (rapport 4) vil der med stor sandsynlighed på Kriegers Flak kunne indvindes fyldsand med  $d_{50}$  på mellem 0.25 og 0.35 mm og med det uensformighedstal på 1.5 -1.6, forudsat der anvendes slæbesugning. Der foreligger dog meget få faktuelle data fra området nord for 6.105.600.

Dansk geoteknisk Institut ( GEO) har også foretaget undersøgelser af sandet fra Kriegers Flak (ref. 10). DGI generelle vurdering af sandet er, at  $d_{50}$  er omkring 0.28 mm og uensformighedstallet er på omkring 1.7.

På baggrund af geotekniske undersøgelser mener DGI (GEO), at Kriegers Flak sandet er sammenligneligt med sand fra Disken beliggende i den nordlige del af Øresund. Dette sand er et flittigt benyttet som fyldmateriale og er derfor velkendt.

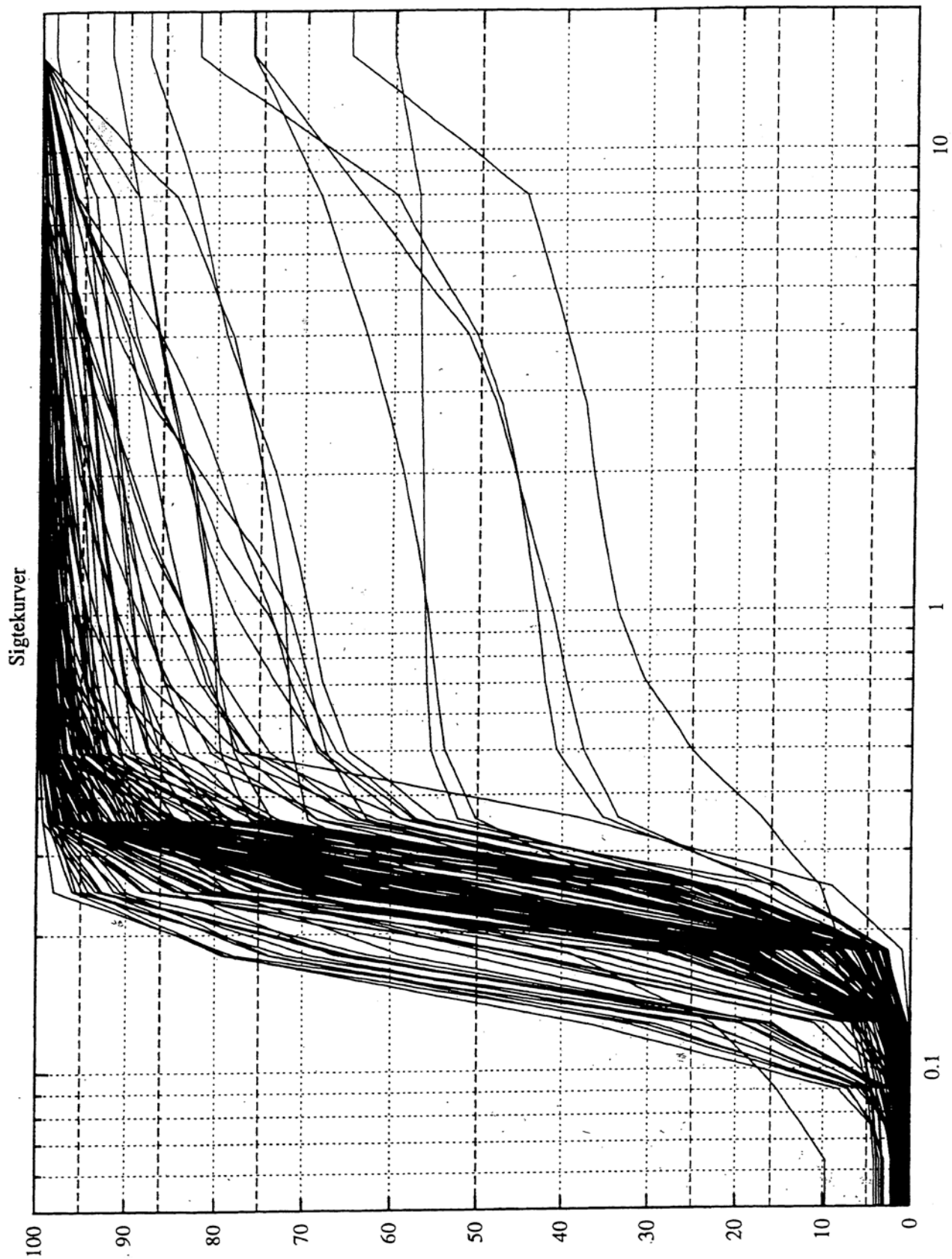
Indholdet af finkornet materiale er beskedent i alle de foreliggende analyser så det forventes at gennemfaldet på 0.074 mm sigten vil være meget beskedent men næppe 0.

De foreliggende glødetabsanalyser indikerer at dette kriterium kan opfyldes. Det må dog forudses at der lokalt i den nordlige del af området kan forekomme skalrige horisonter. Kalken herfra kan bevirke et højere ukorrigeret glødetab.

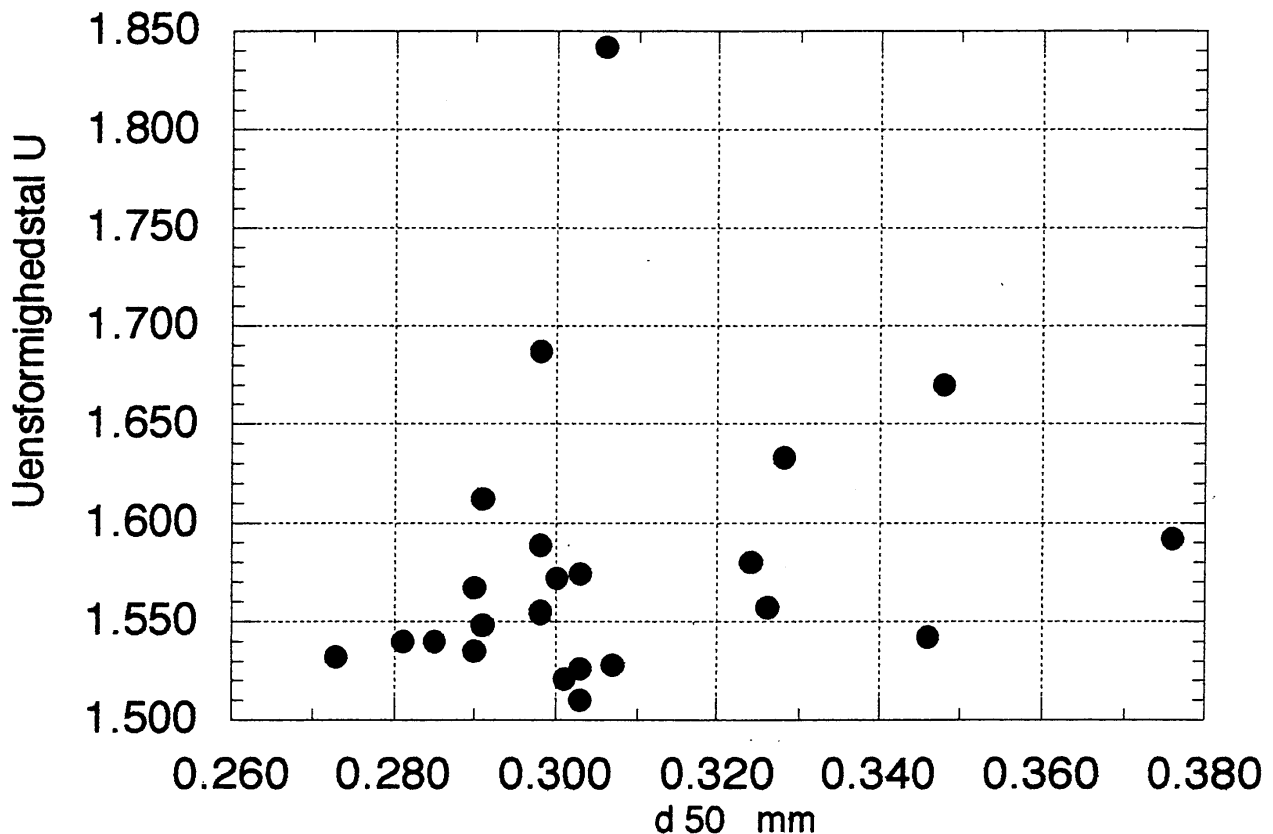
Det forventes at de i fleste laster vil grusindholdet være under 10 %. Det må dog forventes at der vil forekomme laster med et højere grusindhold. Hvis det skal undgås ved indvinding i område A må der nok ske en bortsortering af de groveste partikler.



Figur 3 Kornkurver fra alle boreriger på Kriegers Flak. Fra rapport (8).



## SLÆBESUGNING middelparametre pr track.



### Ressourcer

Ud fra det foreliggende boringer og prøvesandsugninger blev det i rapport (5) skønnet at der i område A i 1995 befandt sig mellem 2 og 4 m sand med en middeldornstørrelse på omkring 0.25 og et uensformighedstal på over 1.5 i dette område.

Ifølge rapport (11) er der for Øresundskonsortiet indvundet 1,26 mill. m<sup>3</sup> i område A i perioden 1996-1998. Fordelingen af indvindingen indenfor området er antydnet i Figur 5.1 fra rapport (11). Efter fordelingen af opholdstiderne for sandsugefartøjerne vist på denne figur, skønnes at der har været indvindingsaktivitet over næsten hele område A, men at aktiviteten har været størst i de nordligste ca 500 m af området. Som et groft skøn betyder det at der i gennemsnit er udvundet omkring 30 cm af sandlaget i området, muligvis det dobbelte i de nordligste 500 m af området. GEUS har ikke kendskab til hvor lasterne med forhøjet sten/grus indhold er hentet.

### Opfyldelse af krav 4- rest sandlag

Der er ikke sket ændringer i forhold til tidligere rapporter.

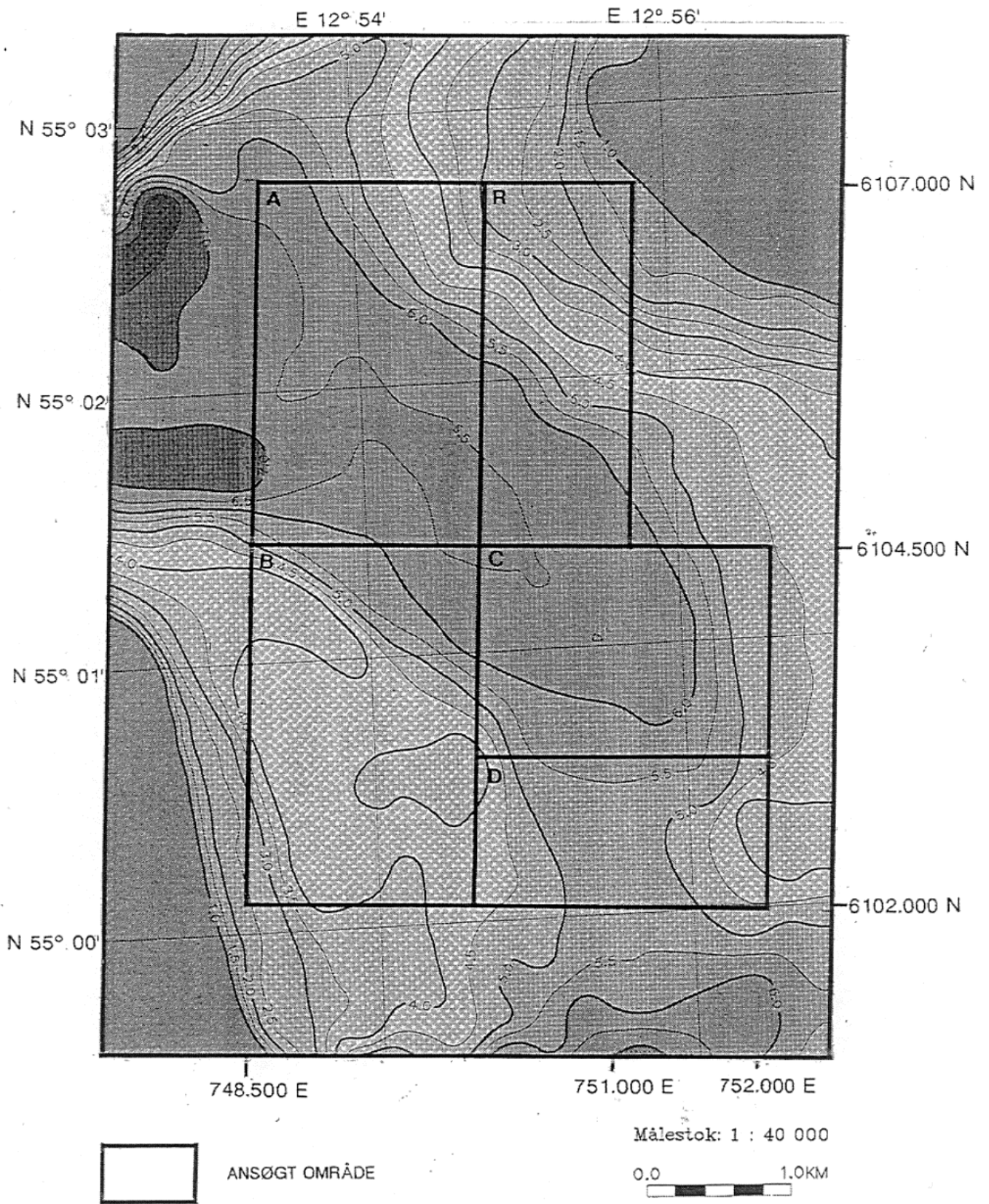
Tykkelsen af sand er kortlagt til 3 - 6.5 m i hele området (Figur 5, fra rapport (5)).

Inden for hele område A vil der kunne indvindes sandmaterialer ved slæbesugning til (figur 1) maksimal dybde af 18.5 m. Dog vil der i området syd for linien Z-Z<sup>1</sup> afgrænset med koordinaterne

Z 55° 02,781 N 12° 53,403 E

Z<sup>1</sup> 55° 02,205 N 12° 54,521 E

Kunne indvindes sand ved slæbesugning til en dybde af 21 m.



**Figur 5** Tykkelsen af sandforekomsten på Kriegers Flak 1995. Fra rapport (5)

## Konklusion

Ud fra det eksisterende datamateriale kan det konkluderes, at der ikke umiddelbart kan indvindes betragtelige mængder af sand med kornstørrelse som beskrevet i krav 5 samt den senere specifikation fra de undersøgte dele af Krieger Flak, område A.

Som det tidligere er konstateret (rapport 4) vil der med stor sandsynlighed på Kriegers Flak kunne indvindes fyldsand med d<sub>50</sub> på mellem 0.25 og 0.35 mm, med det uensformighedstal på 1.5- 1.6, forudsat der anvendes slæbesugning.

Med henblik på at mindske mængden af grus og sten der produceres sammen med fyld - sandet foreslås at indvindingen koncentrerer i den nordlige halvdel af område A dvs. nord for N.6.105.600. Der er dog i en enkelt boring og i prøvesugningerne tegn på at også et trekantet område mod sydøst er der relativt lidt grus i de øverste par meter. Området er afgrænset af en linie fra sydøsthjørnet af område A mod NØ til N: 6.105.600. Dette område fortsætter ind i område R. Det kunne overvejes at udvide indvindingsområdet øst og sydover. I hele det afgrænsede område må det forventes at træffe grusrige lag i et vist omfang.

## Referencer:

- (1) DGU kunderapport nr. 20, 1992. Råstofgeologiske Undersøgelser i Østersøen. Kriegers Flak. Udarbejdet for Skovløg Naturstyrelsen.
- (2) DGU kunderapport nr. 60, 1993. Ressource-kortlægning på Kriegers Flak: Område 1. Rapport til A/S Øresundskonsortiet.
- (3) DGU kunderapport nr. 70, 1993. Ressource-kortlægning på Kriegers Flak: Supplerende kortlægning. Rapport til A/S Øresundskonsortiet.
- (4) DGU kunderapport nr. 45, 1994. Ressource-kortlægning på Kriegers Flak: Supplerende slæbesandpumpninger. Rapport til A/S Øresundskonsortiet.
- (5) DGU kunderapport nr. 20, 1995. Kriegers Flak: Forslag til opdeling af indvindingsarealer. Rapport til A/S Øresundskonsortiet.
- (6) DGU kunderapport nr. 52, 1995. In Survey, Kriegers Flak. Rapport til A/S Øresundskonsortiet.
- (7) DGU kunderapport nr. 73, 1995. Kriegers Flak: Indvindingsplan. Rapport til A/S Øresundskonsortiet.
- (8) DGU kunderapport nr. 84, 1995. Kriegers Flak: En Statistisk beskrivelse af råstofferne. Tekst og Figurer. Udarbejdet for Skov-og Naturstyrelsen.
- (9) Lomholt, S. & Jensen, J.B., 1995: Kriegers Flak: A marine resource area. Proceedings XI ECSMFE, DGF Bulletin 11 vol 5 s 5.169-5.178.
- (10) Balstrup, T., 1993: The Øresund Link. Sand Fill Materials from Kriegers Flak. Report 1-Rev A. Danish Geotechnical Institute.
- (11) Svendsen, H.L., Hansen, K. & Bergøe, T., 2000: Den faste Øresundsforbindelse. Sandindvinding på Kriegers Flak. Sedimentspilforhold. Afsluttende rapport. Marts 2000. Rapport Water Consult for A/S Øresundskonsortiet.

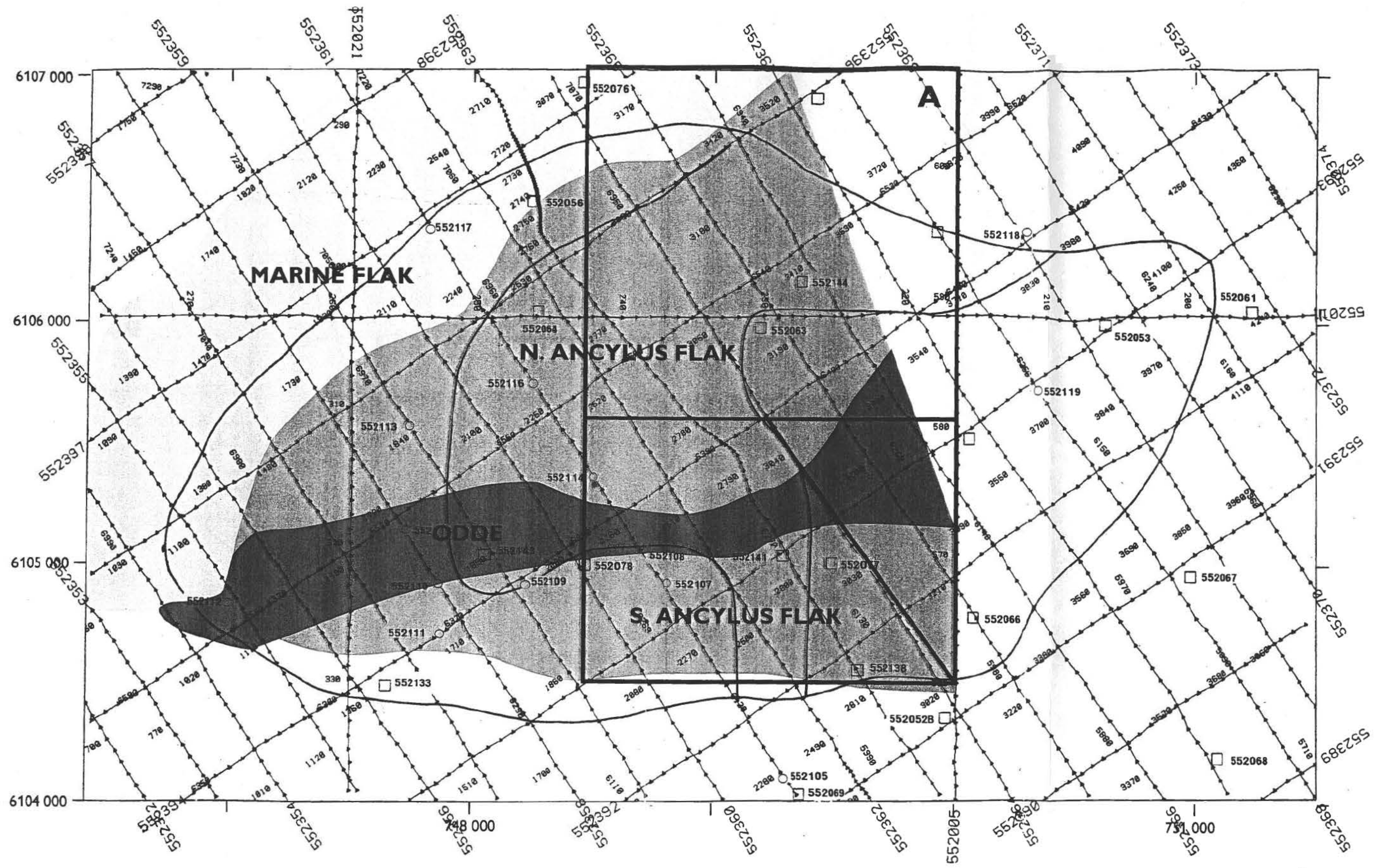
## BILAG

A-1 Situationsplan og geologisk kort.

A-2 Dybdekort

A-3 Bundtypekort

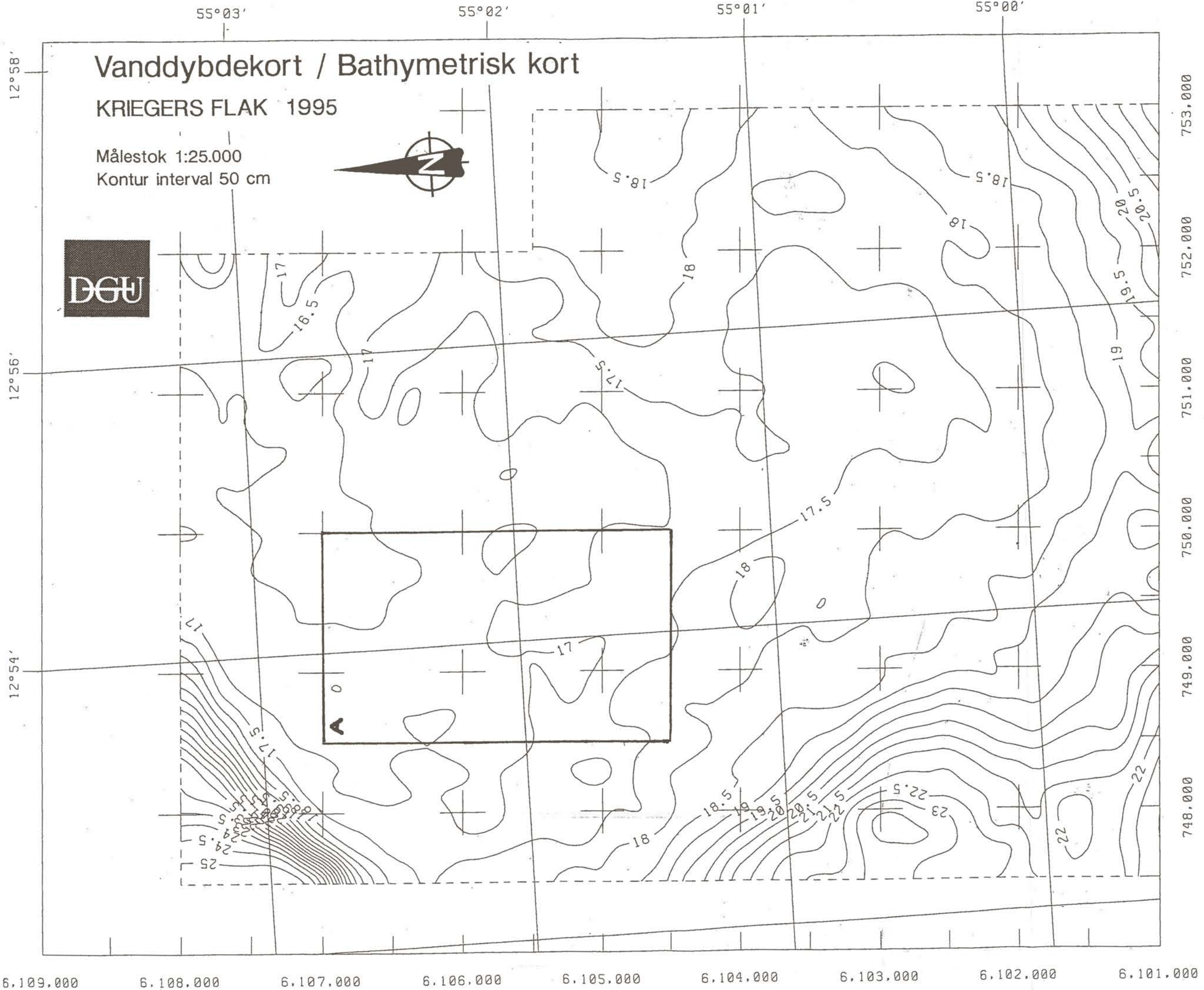




**KRIEGERS FLAK**  
**FOREKOMST A**  
**SITUATIONSPLAN OG GEOLOGISK KORT**  
 UTM ZONE 32 1:15 000

- VIBRATIONSBORINGER
  - SANDSUGNINGER
  - +— SEJLLINIER
  - (A) RÅSTOFFOREKOMST
- 1993 RAPPORT







6.108.000

6.106.000

6.104.000

6.102.000

# Bundtypekort

## KRIEGERSFLAK 1995

Målestok 1:25.000



Undersøgelsesområde

Indvindingsområde

### Signaturer

-  Silt/ler, marint.
-  Sand, mellem - finkornet, meget velsorteret med krydslejringer.
-  Flaksand, mellemkornet, velsorteret med krydslejringer.
-  Sand, mellemkornet, velsorteret, dæklag.
-  Sand, mellemkornet - groft.
-  Stenfrit ler, senglacialt.
-  Moræne, overlejret af tyndt sanddække.
-  Moræne.
-  Bundtrawling, intensiv.
-  Bundtrawling, extensiv.
-  Slæbesandsugning.
-  Vrag.
-  Sandribber.
-  Uidentificeret genstand.
-  Sugehul.

12° 56'

12° 54'

752.000

750.000

748.000

55° 03'

55° 02'

55° 01'

55° 00'